

# **PENGARUH LEBAR PONDASI DAN KEMIRINGAN LERENG TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH PASIR PADA PEMODELAN FISIK**

**Moch. Fachrur Rifqi, Arief Rachmansyah, As'ad Munawir**  
**Jurusan Teknik Sipil – Fak. Teknik Univ. Brawijaya**  
**JL. MT. Haryono 167, Malang 65145, Jatim, Indonesia**  
**Email: fachrurifqi28@gmail.com**

## **ABSTRAK**

Dengan semakin terbatasnya lahan, masyarakat mulai memanfaatkan lereng sebagai alternatif tempat mendirikan bangunan tempat tinggal. Pembangunan di atas lereng tentunya sangat berbahaya, karena sifat lereng yang kurang stabil dapat menimbulkan terjadinya kelongsoran sewaktu-waktu. Salah satu bentuk upaya penanggulangannya adalah dengan mengaplikasikan geogrid sebagai bahan perkuatan lereng. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi dari lebar pondasi dan kemiringan sudut pada pemodelan fisik lereng tanah pasir yang diperkuat geogrid. Pada penelitian ini digunakan 2 lapisan geogrid, rasio jarak pondasi dari tepi lereng ( $s/B$ ) sebesar 2, dan kepadatan relatif sebesar 74%. Digunakan 3 variasi lebar pondasi yaitu 4cm, 6cm, dan 8cm. Sedangkan untuk kemiringan lereng digunakan 3 variasi juga yaitu  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$ . Dari percobaan, didapatkan bahwa peningkatan beban ultimit yang paling maksimum adalah pada pondasi dengan lebar 4 cm dan kemiringan sudut lereng  $46^\circ$ .

Kata kunci: lereng, pasir, geogrid, sudut, lebar, pondasi

## **PENDAHULUAN**

Dengan semakin terbatasnya lahan, masyarakat mulai memanfaatkan lereng sebagai alternatif tempat mendirikan bangunan tempat tinggal. Pembangunan di atas lereng tentunya sangat berbahaya, karena sifat lereng yang kurang stabil dapat menimbulkan terjadinya kelongsoran sewaktu-waktu. Kejadian seperti ini dapat diantisipasi dengan melakukan upaya-upaya perbaikan pada tanah lereng. Salah satu bentuk upaya tersebut adalah dengan mengaplikasikan geogrid sebagai bahan perkuatan lereng.

## **TUJUAN**

Tujuan adanya penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan daya dukung pada lereng tanah pasir tanpa

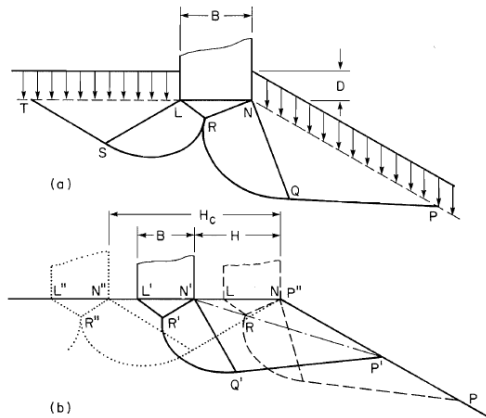
perkuatan dan lereng tanah pasir yang menggunakan perkuatan geogrid dengan variasi kemiringan lereng dan lebar pondasi. Kemudian mengetahui pengaruh variasi kemiringan lereng dan lebar pondasi terhadap daya dukung pondasi menerus pada lereng tanah pasir yang diperkuat dengan geogrid. Serta mengetahui kondisi dimana dihasilkan daya dukung yang paling maksimum dari variabel yang digunakan.

## **KAJIAN PUSTAKA**

### **Keruntuhan Pondasi Di Dekat Lereng**

Bila pondasi yang terletak pada lereng dibebani, maka akan terbentuk zona plastis yang asimetris di bawah pondasi. Zona plastis yang terbentuk di depan pondasi akan lebih besar

dibandingkan dengan zona plastis yang berada dibelakangnya. Graham, dkk (1987), memodelkan keruntuhan pondasi pada lereng pasir seperti pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Skema keruntuhan pondasi pada lereng  
(Sumber: Grham dkk, 1987)

### Teori Meyerhoff

Meyerhoff (1957) dalam Christady (1996) memberikan persamaan daya dukung untuk pondasi memanjang yang terletak pada lereng sebagai berikut:

$$q_u = cN_{cq} + 0,5\gamma BN_{\gamma q}$$

dimana:

$q_u$  = daya dukung ultimit

$c$  = kohesi

$\gamma$  = berat volume tanah

$B$  = lebar pondasi

$N_{cq}, N_{\gamma q}$  = faktor-faktor daya dukung

### Teori Hansen-Vesic

Persamaan yang dikembangkan oleh Brinch Hansen (1970) menunjukkan hasil temuan teoritis maupun eksperimental baik yang didapatkan maupun kontribusi dari peneliti sebelumnya seperti Terzaghi.

$$q_u = c.N_c.\lambda_{c\beta} + q.N_q.\lambda_{q\beta} + \frac{1}{2}\gamma.B.N_\gamma.\lambda_{\gamma\beta}$$

$$\lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan\beta)^2$$

dimana:

$\beta$  = kemiringan lereng

$\lambda_{c\beta}, \lambda_{q\beta}$ , dan  $\lambda_{\gamma\beta}$  = faktor lereng

$N_c, N_q$  dan  $N_\gamma$  = faktor daya dukung

### Teori Gemperline

Gemperline mengusulkan sebuah persamaan yang dapat membantu menentukan faktor daya dukung  $N_{\gamma q}$  yang digunakan dalam persamaan daya dukung Meyerhoff, sebagai berikut:

$$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \times f_{\beta, b/B, B/L}$$

dimana:

$D$  = kedalaman pondasi (inci)

$L$  = panjang pondasi (inci)

$b$  = jarak pondasi dari tepi lereng (inci)

$$f_\phi = 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$$

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B)$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L)$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L)$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan\beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan\beta]\}$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan\beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan\beta]\}$$

$$f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan\beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan\beta]\}$$

### Bearing Capacity Improvement (BCI)

*Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah rasio perbandingan antara daya dukung tanah yang diberi perkuatan dan daya dukung tanah tanpa perkuatan. Secara umum, BCI dapat dirumuskan sebagai berikut:

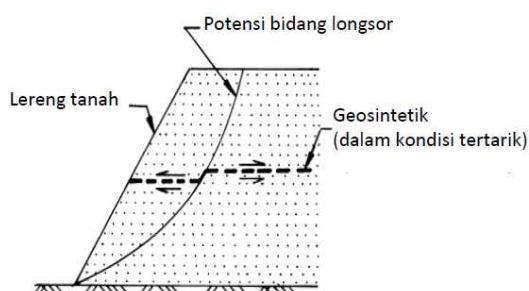
$$BCI = \frac{q_u \text{ lereng dengan perkuatan}}{q_u \text{ lereng tanpa perkuatan}}$$

Nilai tersebut didapat berdasarkan daya dukung pada saat ultimit ( $BCI_u$ ) dan daya dukung pada penurunan yang sama ( $BCI_s$ ).

## Geogrid

Geogrid adalah salah satu geosintetik berbentuk jaring dengan jala terbuka. Dengan bentuknya yang seperti jala, geogrid mampu mengunci (*interlock*) pengisi di sekitarnya

Dalam Perencanaan Geosintetik untuk Perkuatan Lereng yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, disebutkan bahwa ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geosintetik berlaku sebagai bagian tahanan tarik (gesekan, adhesi, saling mengikat (*interlocking*) atau pengurungan (*confinement*)) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah.



**Gambar 2** Mekanisme Perkuatan lereng dengan menggunakan geosintetik  
(Sumber: DPU, 2009)

## METODE PENELITIAN

### Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

Sebagai langkah awal dalam memulai penelitian ini, dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanis tanah, antara lain:

1. Analisis Saringan (ASTM C-136-46)
2. Berat Jenis Tanah (ASTM D-854-58)
3. Pemadatan Tanah (ASTM D-698-70 Metode B)

4. Uji Geser Langsung (ASTM D-3080-82 E)

### Perlakuan Dan Jumlah Sampel

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan daya dukung pondasi menerus pada model lereng tanah pasir dengan dan tanpa perkuatan geogrid, maka dibutuhkan 18 model lereng, terdiri dari 9 model tanpa perkuatan dan 9 model dengan perkuatan.

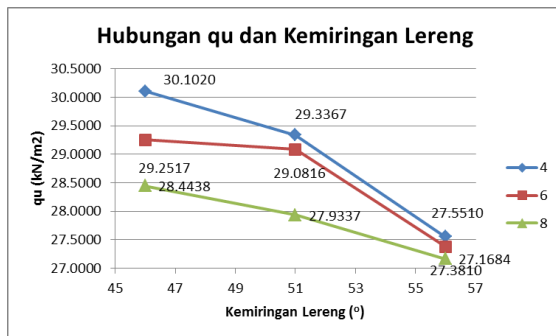
**Tabel 1** Variasi kemiringan lereng dan lebar pondasi menerus

Rc = 74% Sv = 3 cm L = 40 cm n = 2	$\alpha$ (Kemiringan Lereng)		
	46°	51°	56°
B = 4 cm	√	√	√
B = 6 cm	√	√	√
B = 8 cm	√	√	√

Model pondasi menerus yang digunakan terbuat dari baja yang di dalamnya diisi dengan balok kayu. Pondasi menerus memiliki tinggi 4 cm dan panjang 98 cm yang dianggap menerus.

Lebar pondasi yang dipakai bervariasi dari 4, 6, hingga 8 cm. Rasio jarak perletakan pondasi (*d*) terhadap lebarnya (*B*) adalah 2. Untuk geogrid, digunakan geogrid *biaxial*. Geogrid dipasang secara horizontal sebanyak 2 lapis dengan jarak antar lapis 3 cm. Panjang geogrid yang dipakai (*L*) adalah 40 cm.





(b)

**Gambar 5** (a) Hubungan  $q_u$  dan lebar pondasi (b) Hubungan  $q_u$  dan kemiringan lereng pada uji pembebanan tanpa perkuatan

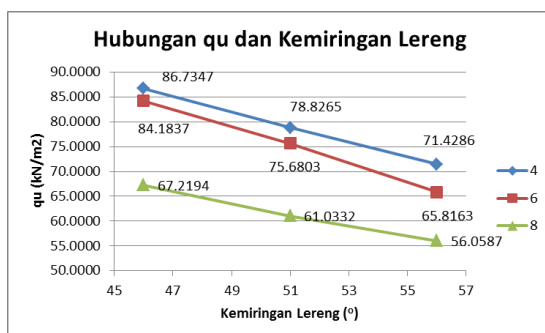
Dari hasil uji pembebanan tanpa perkuatan didapatkan  $q_u$  maksimum pada  $B=4\text{cm}$  dan  $\alpha=46^\circ$ .

### Analisis Daya Dukung Dengan Perkuatan

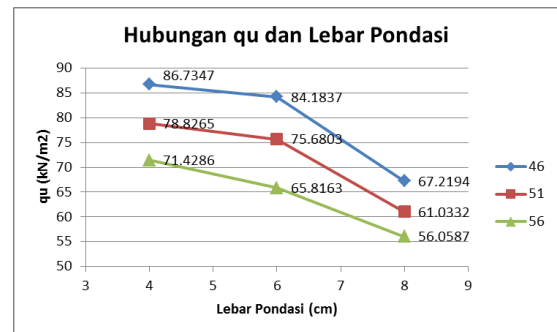
Hasil uji pembebanan pondasi di dekat lereng tanpa perkuatan disajikan pada **tabel 3**.

**Tabel 3** Hasil uji pembebanan dengan perkuatan

$\alpha$	B (cm)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	$q_u$ (kg/cm²)	$q_u$ (kN/m²)
46°	4	340	5,390	13,4750	0,8673	86,7347
	6	495	6,305	10,5083	0,8418	84,1837
	8	527	7,738	9,6719	0,6722	67,2194
51°	4	309	4,755	11,8875	0,7883	78,8265
	6	445	6,130	10,2168	0,7568	75,6803
	8	478,5	7,838	9,7969	0,6103	61,0332
56°	4	280	4,308	10,7688	0,7143	71,4286
	6	387	5,908	9,8458	0,6582	65,8163
	8	439,5	7,170	8,9625	0,5606	56,0587



(a)



(b)

**Gambar 6** (a) Hubungan  $q_u$  dan kemiringan lereng (b) Hubungan  $q_u$  dan lebar pondasi pada uji pembebanan dengan perkuatan

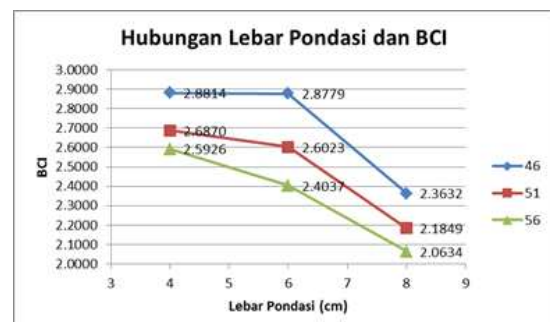
Dari hasil uji pembebanan dengan perkuatan didapatkan  $q_u$  maksimum pada  $B=4\text{cm}$  dan  $\alpha=46^\circ$ .

### Analisis *Bearing Capacity Improvement* Berdasarkan Daya Dukung Ultimit (BCIu)

Berdasarkan analisis beban maksimum yang dilakukan pada setiap variasi lebar pondasi dan kemiringan lereng, maka didapatkan nilai BCIu seperti pada **tabel 4**

**Tabel 4** Hasil analisa BCIu

$\alpha$	B (cm)	$q_u$ (kN/m²)		BCIu	Peningkatan (%)
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan		
46°	4	30,1020	86,7347	2,8814	188,1356
	6	29,2517	84,1837	2,8779	187,7908
	8	28,4439	67,2194	2,3632	136,3236
51°	4	29,3367	78,8265	2,6870	168,6959
	6	29,0816	75,6803	2,6023	160,2340
	8	27,9337	61,0332	2,1849	118,4931
56°	4	27,5510	71,4286	2,5926	159,2596
	6	27,3810	65,8163	2,4037	140,3722
	8	27,1684	56,0587	2,0634	106,3379



(a)



(b)

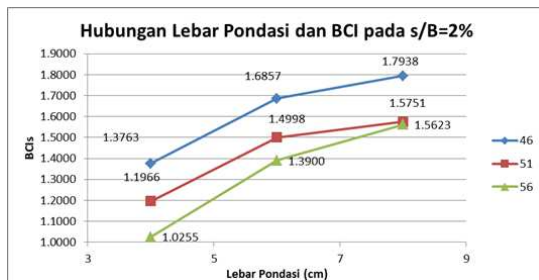
**Gambar 7** (a) Hubungan lebar pondasi dan BCIu (b) Hubungan kemiringan lereng dan BCIu

### Analisa BCIs pada s/B=2%

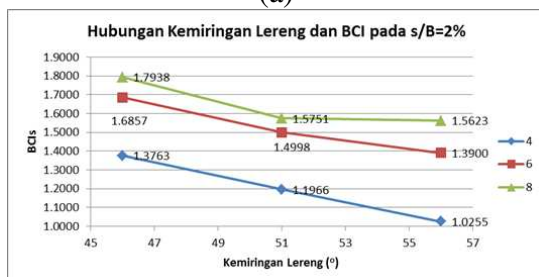
Hasil analisis nilai BCIs untuk variasi lebar pondasi pada penurunan sebesar s/B=2% disajikan pada **tabel 5**.

**Tabel 5** Hasil analisa BCIs pada s/B 2%

$\alpha$	B (cm)	qu (kN/m <sup>2</sup> )		BCIs	Peningkatan (%)
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan		
46°	4	16,4753	22,6757	1,3763	37,6344
	6	24,2597	40,8936	1,6857	68,5661
	8	28,3743	50,8989	1,7938	79,3839
51°	4	15,9894	19,1327	1,1966	19,6581
	6	23,7322	35,5928	1,4998	49,9767
	8	27,7362	43,6862	1,5751	57,5063
56°	4	13,7330	14,0838	1,0255	2,5542
	6	22,4090	31,1493	1,3900	39,0038
	8	25,3906	39,6684	1,5623	56,2323



(a)



(b)

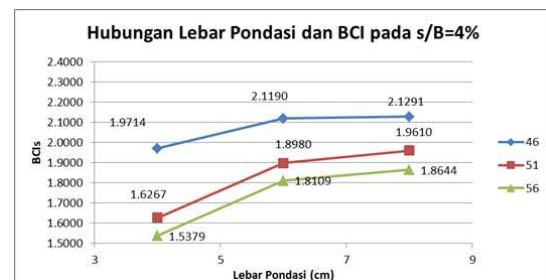
**Gambar 8** (a) Hubungan lebar pondasi dan BCIs pada s/B 2% (b) Hubungan kemiringan lereng dan BCIs pada s/B 2%

### Analisa BCIs pada s/B=4%

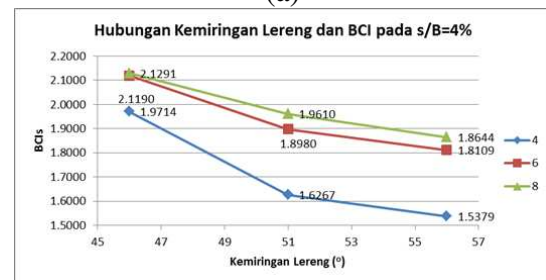
Hasil analisis nilai BCIs untuk variasi lebar pondasi pada penurunan sebesar s/B=4% disajikan pada **tabel 6**.

**Tabel 5** Hasil analisa BCIs pada s/B 4%

$\alpha$	B (cm)	qu (kN/m <sup>2</sup> )		BCIs	Peningkatan (%)
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan		
46°	4	24,1550	47,6190	1,9714	97,1397
	6	29,2517	61,9853	2,1190	111,9033
	8	28,4439	60,5612	2,1291	112,9146
51°	4	23,1668	37,6855	1,6267	62,6702
	6	28,8609	54,7772	1,8980	89,7972
	8	27,9337	54,7772	1,9610	96,0971
56°	4	20,4932	31,5157	1,5379	53,7863
	6	26,4527	47,9025	1,8109	81,0870
	8	27,1684	50,6532	1,8644	86,4417



(a)



(b)

**Gambar 8** (a) Hubungan lebar pondasi dan BCIs pada s/B 4% (b) Hubungan kemiringan lereng dan BCIs pada s/B 4%

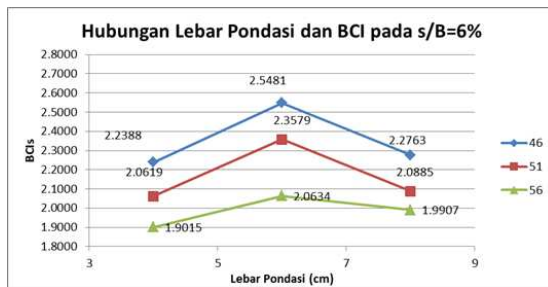
### Analisa BCIs pada s/B=6%

Hasil analisis nilai BCIs untuk variasi lebar pondasi pada penurunan sebesar s/B=4% disajikan pada **tabel 7**.

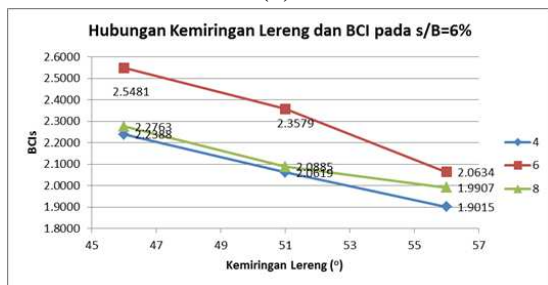
**Tabel 7** Hasil analisa BCIs pada s/B 6%

$\alpha$	B (cm)	qu (kN/m <sup>2</sup> )		BCIs	Peningkatan (%)
		Tanpa Perkuatan	Perkuatan		
46°	4	28,4864	63,7755	2,2388	123,8806
	6	29,2517	74,5362	2,5481	154,8097
	8	28,4439	64,7475	2,2763	127,6323
51°	4	27,0120	55,6973	2,0619	106,1945
	6	29,0816	68,5714	2,3579	135,7897
	8	27,9337	58,3383	2,0885	108,8457
56°	4	24,6238	46,8219	1,9015	90,1485
	6	27,3810	56,4986	2,0634	106,3422
	8	27,1684	54,0847	1,9907	99,0722





(a)



(b)

**Gambar 9** (a) Hubungan lebar pondasi dan BCIs pada s/B 6% (b) Hubungan kemiringan lereng dan BCIs pada s/B 6%

### Pengaruh Lebar Pondasi Menerus dan Kemiringan Lereng pada Pemodelan Fisik

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa variasi kemiringan lereng dan lebar pondasi sangat berpengaruh terhadap beban ultimit yang mampu ditahan oleh lereng. Dari segi lebar pondasi, bila ditinjau dari beban ultimit, semakin lebar pondasi semakin besar pula beban ultimitnya, namun semakin kecil daya dukungnya. Pada variasi kemiringan lereng, bila ditinjau dari beban ultimit yang bekerja diketahui bahwa dengan bertambahnya kemiringan sudut lereng semakin kecil beban ultimit yang mampu ditahan oleh lereng.

Secara keseluruhan terjadi peningkatan nilai daya dukung dengan perkuatan geogrid dibandingkan dengan tanpa perkuatan. Dari analisa BCIs, semakin besar lebar pondasi maka semakin kecil nilai BCIs nya. Dari segi kemiringan sudut lereng, semakin besar

kemiringan sudut lereng, semakin kecil nilai BCIs nya.

Dalam analisa BCIs pada penurunan 2%, 4%, dan 6% dari lebar pondasi, didapatkan bahwa dengan semakin besar kemiringan sudut lereng, semakin kecil nilai BCIs nya. Dari segi lebar pondasi, pada s/B 2% dan 4% semakin lebar pondasi semakin kecil nilai BCIs nya. Hal yang berbeda terjadi pada BCIs dengan s/B 6%, nilai BCIs mencapai puncak pada pondasi 6cm.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya peningkatan daya dukung pondasi menerus pada lereng dengan penggunaan geogrid sebagai bahan perkuatan dibandingkan pada lereng tanpa perkuatan
2. Semakin lebar pondasi, maka beban runtuh yang dapat ditahan oleh pondasi akan semakin besar.
3. Semakin besar sudut kemiringan lereng, maka semakin kecil daya dukung dan beban maksimum yang dapat ditahan oleh pondasi
4. Berdasarkan analisa BCIs, semakin besar sudut kemiringan lereng, semakin kecil BCIs yang dihasilkan. Semakin besar lebar pondasi, semakin kecil BCIs yang dihasilkan. Berdasarkan analisa BCIs, semakin besar sudut kemiringan lereng, semakin kecil BCIs yang dihasilkan. Semakin besar lebar pondasi, semakin besar BCIs yang dihasilkan.

### SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai jarak antar lapis geogrid

- yang optimum untuk setiap lebar pondasinya
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sudut kemiringan lereng dengan lebih bervariasi untuk mengetahui hasil yang paling optimum
  3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai lebar pondasi dengan lebih bervariasi untuk mengetahui hasil yang paling optimum
  4. Dalam pengujian, harus diperhatikan perletakan dari *load cell* agar beban yang terjadi tidak eksentris

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alamshashi, Saeed & Hataf, Nader. 2009. *Bearing capacity of strip footings on sand slopes reinforced with geogrid and grid-anchor*. *Journal Elsevier Geotextiles and Geomembranes* 27 (2009):217–226
- Al-Sinaidi, A. Rahmn & Ali, Ashrf Hassan. 2006. *Improvement in Bearing Capacity Of Soil By Geogris – An Experimental Approach*. IAEG2006 no.240
- Christdy H., Hary. 1996. *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga
- Das, Brja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-pinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Terjemahan Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar. Jakarta: Erlangga
- Das, Braj M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-pinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Terjemahan Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar. Jakarta: Erlangga
- Das, Baja M. 2009. *Shallow Foundations Bearing Capacity and Settlement*. Boca Raton: CRC Press
- DPU. 2009. *Modul pelatihan Geosintetik Volme 1: Klasifikasi & Fungsi Geosintetik*
- DPU. 2009. *Modul pelatihan Geosintetik Volme 3: Perencanaan Geosintetik Untuk Perkuatan Lereng*
- Hoang, Le CV, Nguyen VPQ, Truong TP. 2012. *Bearing Capacity of Footing Strip Resting On Slope Using Upper Bound Limit Analysis*. *Journal of Engineering Technology and Education 2012 GTSD2012*
- Prasetyo, Dodik. 2014. *Pengaruh Kemiringan Lereng Dan Jumlah Lapis Geotekstil Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya
- Shields, Donalds., Chandler, Neil & Garnier, Jacques. 1990. *Bearing Capacity Of Foundations On Slopes*. *Journal Of Geotechnical Engineering*, Vol. 116, 3
- Soedarmo, Djatmiko & Purnomo, Edy. 1993. *Mekanika Tanah*. Malang: Penerbit Kanisius
- S.V. Anil Kmar, K. Ilamaparuthi. 2009. *Respon of Footing on Sand Slopes*. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter*, 622-626
- Taha, Mohd. Raihn, and Enas B. Eltale. 2013. *Numerical and Experimental Evluation of Bearing Capacity Factor  $N\gamma$  of Strip Footing on Sand Slopes*. *IJPS2013*.4000
- Teng, Wayne C. 1981. *Foundation Design*. New Delhi: Prentice Hall
- Terzaghi K, Peck RB. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga